

建 筑 力 学

李前程 安学敏 编著
赵 彤 刘明威 主审

中国建筑工业出版社

修 订 前 言

本书是根据高等工业院校建筑学、城市规划、建筑管理、房地产等专业的特点编写的。全书讲述了静力学基础，静定及超静定结构的内力计算，构件的强度、刚度、稳定性问题等内容。

本书依据力学知识自身的内在联系，将理论力学、材料力学、结构力学组织形成新的建筑力学课程体系。该体系体现了建筑力学知识的系统性，保证了专业对力学知识的基本要求。这一新体系的特点是：

- (1) 反映建筑力学基本理论的科学性、系统性。
- (2) 确保专业对建筑力学知识的基本需要。
- (3) 按专业培养目标确定教学内容的深度广度及对学生能力方面的培养要求。
- (4) 删减重复和不必要的内容。

本书是在一九九一年版建筑力学的基础上改编而成的，经过几年来在我校及其他院校的建筑学、城市规划、建筑管理、房地产等专业的教学实践表明，建筑力学的课程体系和内容完全满足上述专业对力学知识的需求，较好地解决了上述各专业在力学课程教学中存在的问题。这次改编是根据教学改革及培养跨世纪人才的需要，适当地增编了一些内容，对某些问题的讨论加强了定性分析，对一些不足之处及印刷错误作了改正，使得本书进一步完善。

本书由李前程、安学敏编著，赵彤、刘明威主审，编写分工为：一、二、七、八、九、十、十一、十四、十五章由安学敏编写，三、四、五、六、十二、十三章由李前程编写。

教材改革是一项长期的工作，需要经受教学的检验，希望使用本书的广大读者及教师多提宝贵意见。

(京) 新登字 035 号

本书是根据力学知识自身的内在联系, 针对建筑学、城市规划、建筑管理、房地产专业的特点, 编写而成的。该书共十五章, 主要内容包括静力学基础, 静定及超静定结构的内力计算, 构件的强度、刚度、稳定性。各章均有小结、思考题和习题, 习题附有答案。

该书可作为高等工业院校建筑学、城市规划、建筑管理、房地产等专业的教学用书, 也可供建筑技术人员参考。

* * *

责任编辑 君珺祥

责任设计 杨凤荣

责任校对 臧红心

建筑力学

李前程 安学敏 编著

赵彤 刘明威 主审

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19½ 字数: 473 千字

1998 年 4 月第一版 1998 年 4 月第一次印刷

印数: 1—1200 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-01307-0

TU·953 (6349)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

第一章 绪论	1	§ 5-2 平面体系的自由度·联系的概念	61
§ 1-1 结构与构件	1	§ 5-3 几何不变体系的组成规则	63
§ 1-2 刚体、变形固体及其基本假设	1	§ 5-4 静定结构和超静定结构·常见的结构型式	65
§ 1-3 杆件变形的基本形式	2	小结	69
§ 1-4 建筑力学的任务和内容	3	习题	69
§ 1-5 荷载的分类	4	第六章 静定结构的内力计算	71
第二章 结构计算简图·物体受力分析	6	§ 6-1 构件的内力及其求法	71
§ 2-1 约束与约束反力	6	§ 6-2 内力图——轴力、剪力和弯矩图	75
§ 2-2 结构计算简图	9	§ 6-3 弯矩、剪力、分布荷载集度之间的关系	79
§ 2-3 物体受力分析	12	§ 6-4 用叠加法作剪力图和弯矩图	84
小结	14	§ 6-5 静定平面刚架	86
习题	15	§ 6-6 三铰拱	92
第三章 力系简化的基础知识	18	§ 6-7 静定平面桁架	97
§ 3-1 平面汇交力系的合成与平衡条件	18	§ 6-8 各种结构形式及悬索的受力特点	102
§ 3-2 力对点的矩	24	小结	104
§ 3-3 力偶·力偶矩	26	思考题	105
§ 3-4 平面力偶系的合成与平衡条件	27	习题	105
§ 3-5 力的等效平移	29	第七章 轴向拉伸与压缩	111
小结	30	§ 7-1 轴向拉伸与压缩的概念及实例	111
思考题	31	§ 7-2 直杆横截面上的正应力	111
习题	32	§ 7-3 容许应力、强度条件	112
第四章 平面力系的简化与平衡方程	35	§ 7-4 轴向拉伸或压缩时的变形	115
§ 4-1 平面任意力系向一点的简化·主矢和主矩	35	§ 7-5 材料的力学性质	117
§ 4-2 平面任意力系简化结果的讨论	38	小结	121
§ 4-3 平面任意力系的平衡条件·平衡方程	39	思考题	121
§ 4-4 平面平行力系的平衡方程	43	习题	121
§ 4-5 物体系的平衡问题	45	第八章 剪切和扭转	123
§ 4-6 考虑摩擦的平衡问题	48	§ 8-1 剪切的实例	123
小结	53	§ 8-2 连接接头的强度计算	124
思考题	54	§ 8-3 扭转的概念及实例	129
习题	55	§ 8-4 扭矩的计算、扭矩图	130
第五章 平面体系的几何组成分析	60	§ 8-5 圆轴扭转时的应力和变形	131
§ 5-1 几何组成分析的目的	60	§ 8-6 圆轴扭转时的强度条件和刚度条件	135

小结	137	§ 12-2 力法的典型方程	205
思考题	138	§ 12-3 用力法计算超静定结构	209
习题	139	§ 12-4 结构对称性的利用	215
第九章 梁的应力	141	§ 12-5 多跨连续梁、排架、刚架、桁架的 受力特点	220
§ 9-1 平面弯曲的概念及实例	141	小结	223
§ 9-2 梁的正应力	142	思考题	223
§ 9-3 常用截面的惯性矩、平行移轴 公式	145	习题	223
§ 9-4 梁的剪应力	148	第十三章 位移法	227
§ 9-5 梁的强度条件	150	§ 13-1 等截面单跨超静定梁的杆端内力· 转角位移方程	227
§ 9-6 提高梁弯曲强度的主要途径	154	§ 13-2 位移法的基本概念	233
小结	157	§ 13-3 位移法基本未知量数目的确定	236
思考题	158	§ 13-4 位移法典型方程	238
习题	158	§ 13-5 用位移法计算超静定结构	242
第十章 组合变形	161	§ 13-6 结构近似的变形图和弯矩图	246
§ 10-1 组合变形的概念	161	小结	247
§ 10-2 斜弯曲	161	思考题	248
§ 10-3 拉伸(压缩)与弯曲的组合 变形	165	习题	248
§ 10-4 偏心拉伸(压缩)	167	第十四章 力矩分配法	250
§ 10-5 弯曲与扭转的组合变形	169	§ 14-1 力矩分配法的基本概念	250
小结	171	§ 14-2 用力矩分配法解连续梁	258
思考题	171	§ 14-3 超静定结构的特性	264
习题	172	小结	265
第十一章 梁和结构的位移	174	思考题	266
§ 11-1 概述	174	习题	266
§ 11-2 梁的挠曲线近似微分方程 及其积分	175	第十五章 压杆稳定	268
§ 11-3 叠加法	180	§ 15-1 压杆稳定的概念	268
§ 11-4 单位荷载法	183	§ 15-2 细长压杆的临界力	269
§ 11-5 图乘法	189	§ 15-3 压杆的临界应力	271
§ 11-6 线弹性体的互等定理	193	§ 15-4 压杆的稳定计算	275
§ 11-7 梁的刚度校核	197	§ 15-5 提高压杆稳定性的措施	279
小结	199	小结	280
思考题	199	思考题	281
习题	200	习题	281
第十二章 力法	203	附录 型钢表	283
§ 12-1 超静定结构的概念和超静定次数 的确定	203	习题答案	298

第一章 绪 论

§ 1-1 结构与构件

建筑物中承受荷载而起骨架作用的部分称为结构。图 1-1 中所示的即为一单层厂房结构。结构受荷载作用时，如不考虑建筑材料的变形，其几何形状和位置不发生改变。

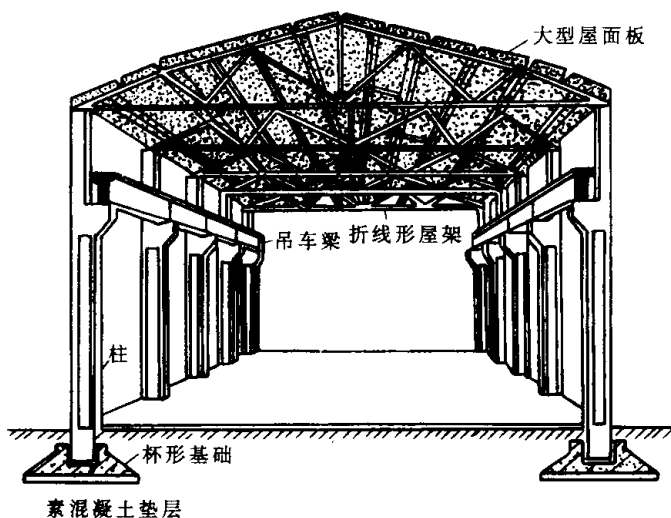


图 1-1

组成结构的各单独部分称为构件。图 1-1 中的基础、柱、吊车梁、屋面板等均为构件。结构一般可按其几何特征分为三种类型：

(1) 杆系结构 组成杆系结构的构件是杆件。杆件的几何特征是其长度远远大于横截面的宽度和高度。

(2) 薄壁结构 组成薄壁结构的构件是薄板或薄壳。薄板、薄壳的几何特征是其厚度远远小于它的另两个方向的尺寸。

(3) 实体结构 它是三个方向的尺寸基本为同量级的结构。

建筑力学以杆系结构作为研究对象。

§ 1-2 刚体、变形固体及其基本假设

结构和构件可统称为物体。在建筑力学中将物体抽象化为两种计算模型：刚体模型、理想变形固体模型。

刚体是受力作用而不变形的物体。实际上，任何物体受力作用都发生或大或小的变形，但在一些力学问题中，物体变形这一因素与所研究的问题无关，或对所研究的问题影响甚微，这时，我们就可以不考虑物体的变形，将物体视为刚体，从而使所研究的问题得到简

化。

在另一些力学问题中，物体变形这一因素是不可忽略的主要因素，如不予考虑就得不到问题的正确解答。这时，我们将物体视为理想变形固体。所谓理想变形固体，是将一般变形固体的材料加以理想化，作出以下假设：

(1) 连续性假设 认为物体的材料结构是密实的，物体内材料是无空隙的连续分布。

(2) 均匀性假设 认为材料的力学性质是均匀的，从物体上任取或大或小的一部分，材料的力学性质均相同。

(3) 各向同性假设 认为材料的力学性质是各向同性的，材料沿不同的方向具有相同的力学性质。有些材料沿不同方向的力学性质是不同的，称为各向异性材料。本教材中仅研究各向同性材料。

按照连续、均匀、各向同性假设而理想化了的一般变形固体称为理想变形固体。采用理想变形固体模型不但使理论分析和计算得到简化，且所得结果的精度能满足工程的要求。

无论是刚体还是理想变形固体，都是针对所研究的问题的性质，略去一些次要因素，保留对问题起决定性作用的主要因素，而抽象化形成的理想物体，它们在生活和生产实践中并不存在，但解决力学问题时，它们是必不可少的理想化的力学模型。

变形固体受荷载作用时将产生变形。当荷载值不超过一定范围时，荷载撤去后，变形随之消失，物体恢复原有形状。撤去荷载可消失的变形称为弹性变形。当荷载值超过一定范围时，荷载撤去后，一部分变形随之消失，另一部分变形仍残留下来，物体不能恢复原有形状。撤去荷载仍残留的变形称为塑性变形。在多数工程问题中，要求构件只发生弹性变形。也有些工程问题允许构件发生塑性变形。本教材中局限于研究弹性变形范围内的问题。

§ 1-3 杆件变形的基本形式

杆系结构中的杆件其轴线多为直线，也有轴线为曲线和折线的杆件。它们分别称为直杆、曲杆和折杆，如图 1-2 (a)、(b)、(c) 所示。

横截面相同的杆件称为等截面杆（图 1-2）；横截面不同的杆件称为变截面杆（图 1-3 (a)、(b)）。

杆件受外力作用将产生变形。变形形式是复杂多样的，它与外力施加的方式有关。无论何种形式的变形，都可归结为四种基本变形形式之一，或者是基本变形形式的组合。直

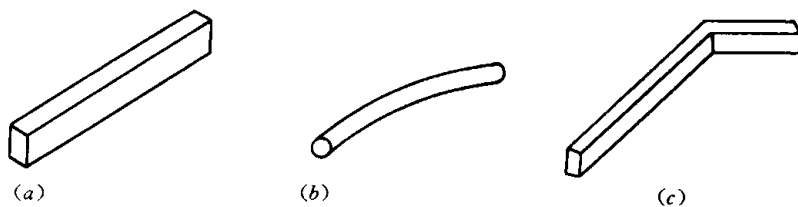


图 1-2



图 1-3

杆的这四种基本变形形式是：

(1) 轴向拉伸或压缩 一对方向相反的外力沿轴线作用于杆件，杆件的变形主要表现为长度发生伸长或缩短的改变。这种变形形式称为轴向拉伸或轴向压缩（图 1-4 (a)）。

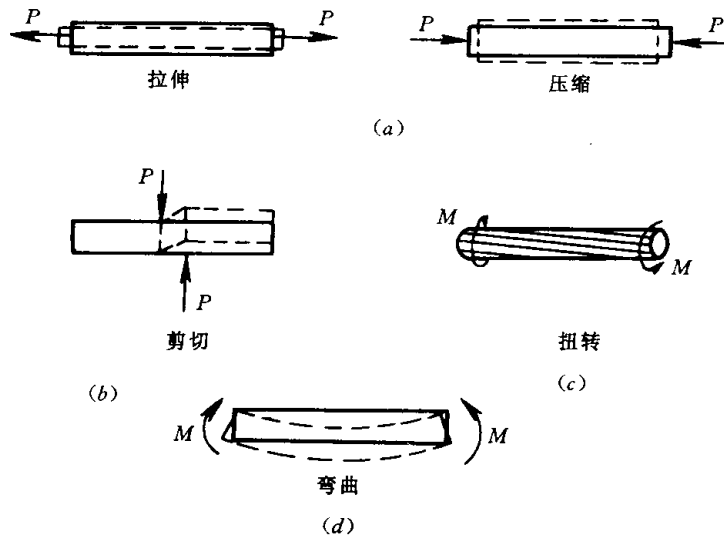


图 1-4

(2) 剪切 一对相距很近的方向相反的平行力沿横向（垂直于轴线）作用于杆件，杆件的变形主要表现为横截面沿力作用方向发生错动。这种变形形式称为剪切（图 1-4 (b)）。

(3) 扭转 一对方向相反的力偶作用于杆件的两个横截面，杆件的相邻横截面绕轴线发生相对转动。这种变形形式称为扭转（图 1-4 (c)）。

(4) 弯曲 一对方向相反的力偶作用于杆件的纵向平面（通过杆件轴线的平面）内，杆件的轴线由直线变为曲线。这种变形形式称为弯曲（图 1-4 (d)）。

各基本变形形式都是在特定的受力状态下发生的，杆件正常工作时的实际受力状态往往不同于上述特定的受力状态，所以，杆件的变形多为各种基本变形形式的组合。当某一种基本变形形式起主要作用时，可按这种基本变形形式计算，否则，即属于组合变形的问题（见第十章）。

§ 1-4 建筑力学的任务和内容

建筑力学的任务是研究结构的几何组成规律，以及在荷载作用下结构和构件的强度、刚度和稳定性问题。其目的是保证结构按设计要求正常工作，并充分发挥材料的性能，使设计的结构既安全可靠又经济合理。

结构是由构件所组成，起着承受荷载、支撑建筑物的作用。这就要求构件必须按一定的规律来组成结构，以确保在荷载作用下结构的几何形状不发生改变。

结构正常工作必须满足强度、刚度和稳定性的要求。

强度是指抵抗破坏的能力。满足强度要求就是要求结构的各构件在正常工作条件下不发生破坏。

刚度是指抵抗变形的能力。满足刚度要求就是要使结构或构件在正常工作条件下所发生的变形不超过允许的范围。

稳定性是指结构或构件以原有的形状保持稳定的平衡状态。稳定性要求就是要使结构或构件在正常工作条件下不突然改变原有形状，因发生过大的变形而导致破坏。

按教学要求，建筑力学的内容包含以下几部分：

1. 静力学基础及静定结构的内力计算

这是建筑力学中的重要基础理论。其中包括物体的受力分析；力系简化理论及平衡方程；结构组成的几何规律；静定构件和结构的内力计算等。这些问题中，有些是与物体变形因素无关的，有些虽与物体变形因素有关，但由于我们局限于研究小变形的情况，在此情况下，变形因素对所研究问题的影响是微不足道的。所以，在这部分内容中以刚体作为研究对象，将结构和构件均视为刚体。

2. 强度问题

主要研究构件在各种基本变形形式下的强度计算理论和方法。要使结构满足强度要求，应保证结构的各构件满足强度要求。

3. 刚度问题

研究静定构件的变形及静定结构位移的计算理论和方法。这里不仅解决如何满足刚度要求问题，还为研究超静定结构提供基础知识。

4. 超静定结构的内力计算

介绍力法、位移法这两种基本方法，以及求解连续梁的力矩分配法。求解超静定结构的内力是为了解决超静定结构的强度和刚度问题。

5. 稳定性问题

这里只研究不同支撑条件下的直杆的稳定性问题

在2~5的各部分内容中，尽管是研究小变形的情况，但变形因素在所研究的问题中起着决定性的作用。所以，研究这些问题时，以理想变形固体为研究对象，构件或结构均视为理想变形固体。

§ 1-5 荷载的分类

结构工作时所承受的外力称为荷载。荷载可分为不同的类型。

1. 按荷载作用的范围可分为分布荷载和集中荷载

分布作用在体积、面积和线段上的荷载分别称为体荷载、面荷载和线荷载，并统称为分布荷载。重力属于体荷载，风、雪的压力等属于面荷载。本教材中局限于研究由杆件组成的结构，可将杆件所受的分布荷载视为作用在杆件的轴线上。这样，杆件所受的分布荷载均为线荷载。

如果荷载作用的范围与构件的尺寸相比十分微小，这时可认为荷载集中作用于一点，并称之为集中荷载。

当以刚体为研究对象时，作用在构件上的分布荷载可用其合力（集中荷载）来代替。例如，分布的重力荷载可用作用在重心上的集中合力代替。当以变形固体为研究对象时，作用在构件上的分布荷载则不能用其集中合力来代替。

2. 按荷载作用时间的久暂可分为恒荷载和活荷载

永久作用在结构上的荷载称为恒荷载。结构的自重、固定在结构上的永久性设备等属于恒荷载。

暂时作用在结构上的荷载称为活荷载。风、雪荷载等属于活荷载。

3. 按荷载作用的性质可分为静荷载和动荷载

由零逐渐增加到最后值的荷载称为静荷载。静荷载作用的基本特点是：荷载施加过程中，结构上各点产生的加速度不明显；荷载达到最后值以后，结构处于静止平衡状态。

大小、方向随时间而改变的荷载称为动荷载。机器设备的运动部分所产生的扰力荷载属于动荷载；地震时由于地面运动在结构上产生的惯性力荷载也属于动荷载。动荷载作用的基本特点是：由于荷载的作用，结构上各点产生明显的加速度，结构的内力和变形都随时间而发生变化。

第二章 结构计算简图·物体受力分析

§ 2-1 约束与约束反力

物体可这样分为两类：一类是自由体，自由体可以自由位移，不受任何其它物体的限制。飞行的飞机是自由体，它可以任意的移动和旋转；一类是非自由体，非自由体不能自由位移，其某些位移受其它物体的限制不能发生。结构和结构的各构件是非自由体。限制非自由体位移的其它物体称作非自由体的约束。约束的功能是限制非自由体的某些位移。例如，桌子放在地面上，地面具有限制桌子向下位移的功能，桌子是非自由体，地面是桌子的约束。约束对非自由体的作用力称为约束反力。显然，约束反力的方向总是与它所限制的位移方向相反。地面限制桌子向下位移，地面作用给桌子的约束反力指向上。

工程中物体之间的约束形式是复杂多样的，为了便于理论分析和计算，只考虑其主要的约束功能，忽略其次要的约束功能，便可得到一些理想化的约束形式。本节中所讨论的正是这些理想化的约束，它们在力学分析和结构设计中被广泛采用。

一、柔索约束

柔索约束由软绳、链条等构成。柔索只能承受拉力，即只能限制物体在柔索受拉方向的位移。这就是柔索的约束功能。所以，柔索的约束反力 T 通过接触点，沿柔索而背离物体。

图 2-1 给出一受柔索约束的物体 A 。物体 A 所受的约束反力 T 如图中所示。约束反力 T 的反作用力 T' 作用在柔索上，使柔索受拉。

二、光滑面约束

光滑面约束是由两个物体光滑接触所构成。两物体可以脱离开，也可以沿光滑面相对滑动，但沿接触面法线且指向接触面的位移受到限制。这是光滑面约束的约束功能。光滑面的约束反力作用于接触点，沿接触面的法线且指向物体。

图 2-2 (a)、(b) 中给出光滑面约束及其约束反力的例子。圆盘 O 为非自由体，各光滑接触面的约束反力均沿接触面法线，指向圆盘中心 O 。

三、光滑圆柱铰链约束

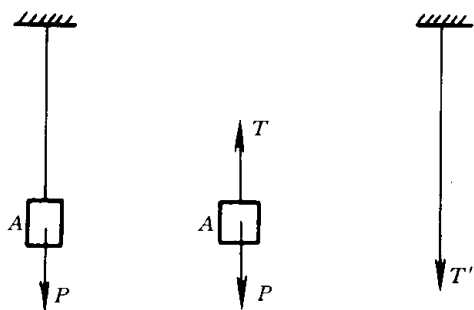


图 2-1

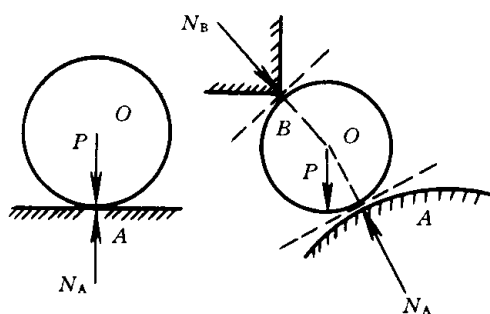


图 2-2

铰链约束是连接两个构件的常见的约束形式。铰链约束可以这样构成：在两个物体上各作一大小相同的光滑圆孔，用光滑圆柱销钉插入两物体的圆孔中，如图 2-3 (a) 所示。以后，这种约束用简化图形图 2-3 (b) 表示。根据构造情况可知其约束功能是：两物体铰接处允许有相对转动（角位移）发生，不允许有相对移动（线位移）发生。相对线位移可分解为两个相互垂直的分量，与之对应，铰链约束有两个相互垂直的约束反力。它们的指向是未知的，可假定一个物体所受约束反力的指向，另一物体所受的约束反力指向按作用反作用定律确定，如图 2-3 (c) 所示。

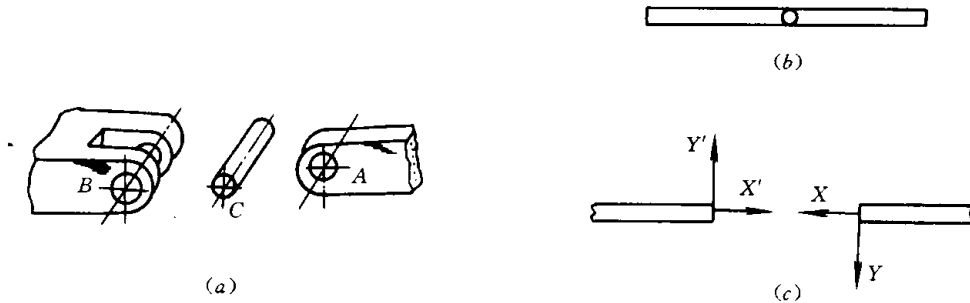


图 2-3

四、铰支座

铰支座有固定铰支座和滚动铰支座两种。

将构件用铰链约束与地面相连接，这样的约束称为固定铰支座，其构造如图 2-4 (a) 所示。将构件用铰链约束连接在支座上，支座用滚轴支持在光滑面上，这样的约束称为滚动铰支座，其构造如图 2-4 (b) 所示。这两种支座的简化图形分别如图 2-4 (c) 和 (d) 所示。

固定铰支座的约束功能与铰链约束相同，所以，其约束反力也用两个垂直分力表示。滚动铰支座的约束功能与光滑面约束相同，所以，其约束反力也是沿光滑面法线方向且指向构件。

图 2-4 (e) 中的简支梁 AB 就是用这两种支座固定在地面上，支座的约束反力示于该图中，其中约束反力 X_A 和 Y_A 的指向是假定的。

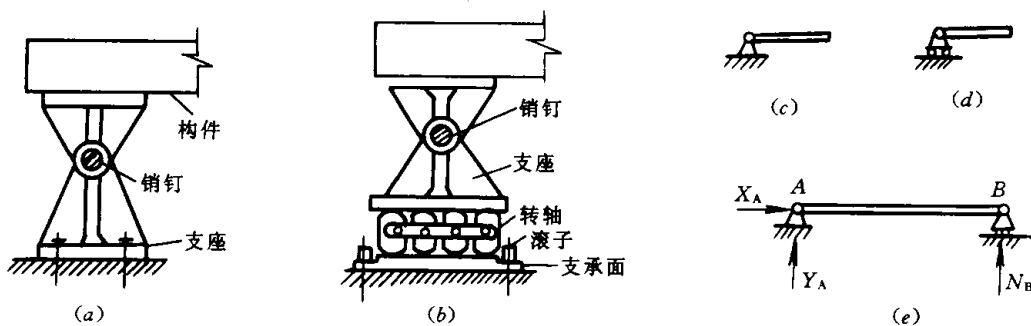


图 2-4

五、链杆约束

链杆是两端用光滑铰链与其它物体连接，不计自重且中间不受力作用的杆件。链杆只在两铰链外受力作用，因此又称二力杆。

处于平衡状态时，链杆所受的两个力，应是大小相等、方向相反地作用在两个铰链中

心的连线上，其指向一般不能确定。按作用以及作用定律，链杆对它所约束的物体的约束反力必定沿着两铰链中心的连线作用在物体上。

图 2-5 (a) 中，当不计构件自重时，构件 BC 即为二力杆。它的一端用铰链 C 与构件 AD 连接，另一端用固定铰支座 B 与地面连接。 BC 杆件所受的两个力 N_C 和 N_B 如图 (c) 中所示。杆件 BC 作用给杆件 AD 的约束反力 N'_C 是 N_C 的反作用力，如图 (b) 所示。 N_B 、 N_C 、 N'_C 三个力中，只需假定一个力的指向，另外两个力的指向可由二力平衡条件和作用、反作用定律确定。对这三个力的指向都作随意的假定，那是错误的。

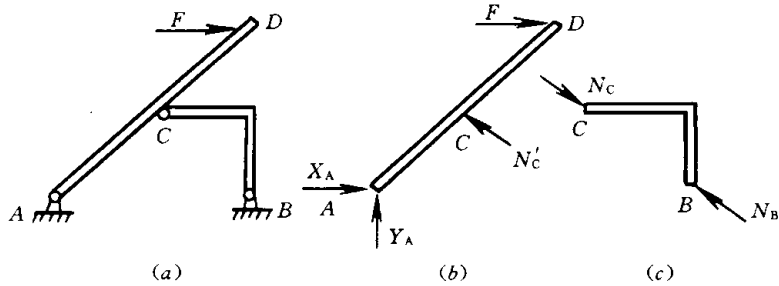


图 2-5

应该注意，一般情况下铰链约束的约束反力是用两个垂直分力来表示，但对连接二力杆的铰链来说，铰链约束的约束反力作用线是确定的，不用两个垂直分力表示。在上述的例子中，如将 AD 上 C 点的反力用两个垂直分力表示，就会给计算工作带来麻烦。因此，对给定的结构和给定的荷载，应会识别结构中有没有二力杆件，哪个构件是二力杆件。

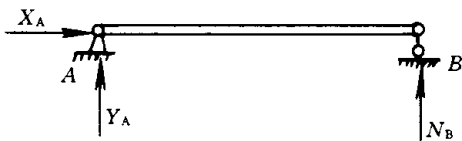


图 2-6

也可以用链杆作支座。图 2-6 中的简支梁 AB ，其 B 端即为链杆支座。该支座约束反力 N_B 的作用线沿链杆，图中该反力的指向是假定的。

六、固定端约束(固定支座)

六、固定端约束(固定支座)

图 2-7 (a) 中，杆件 AB 的 A 端被牢固地固定，使杆件既不能发生移动也不能发生转动，这种约束称为固定端约束或固定支座。固定端约束的简化图形如图 (b) 所示。固定端的约束反力是两个垂直的分力 X_A 、 Y_A 和一个力偶 m_A ，它们在图 (b) 中的指向是假定的。约束反力 X_A 、 Y_A 对应于约束限制移动的位移；约束反力偶 m_A 对应于约束限制转动的位移。

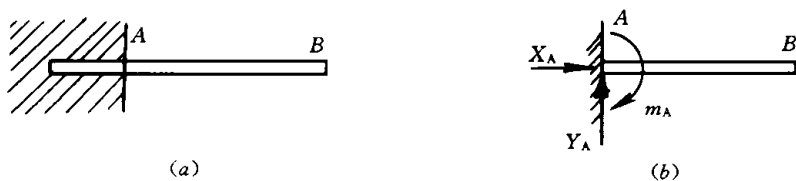


图 2-7

七、定向支座

将构件用两根相邻的等长、平行链杆与地面相连接，如图 2-8 (a) 所示。这种支座允许杆端沿与链杆垂直的方向移动，限制了沿链杆方向的移动，也限制了转动。定向支座的约束反力是一个沿链杆方向的力 N 和一个力偶 m 。图 2-8 (b) 中反力 N_A 和反力偶 m_A 的指

向都是假定的。

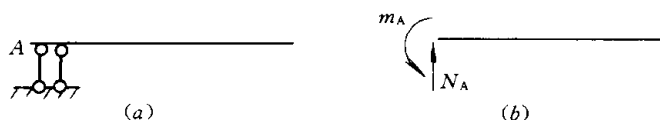


图 2-8

§ 2-2 结构计算简图

实际结构是很复杂的，无法按照结构的真实情况进行力学计算。因此，进行力学分析时，必须选用一个能反映结构主要工作特性的简化模型来代替真实结构，这样的简化模型称作结构计算简图。结构计算简图略去了真实结构的许多次要因素，是真实结构的简化，便于分析和计算；结构计算简图保留了真实结构的主要特点，是真实结构的代表，能够给出满足精度要求的分析结果。

选择结构计算简图是重要而困难的工作。对常见的工程结构，已有经过实践检验了的成熟的计算简图。本节主要介绍结构计算简图中支座的简化、结点的简化等问题。

一、支座简化示例

§ 2-1 中介绍的固定铰支座、滚动支座、固定支座等都是理想的支座，这些理想的支座在土建工程中几乎是见不到的。为便于计算，要分析实际结构支座的主要约束功能与哪种理想支座的约束功能相符合，将工程结构的真实支座简化为力学中的理想支座。

图 2-9 中所示的预制钢筋混凝土柱置于杯形基础中，基础下面是比较坚实的地基土壤。如杯口四周用细石混凝土填实（图 2-9 (a)），柱端被相当坚实地固定，其约束功能基本上与固定支座相符合，则可简化为固定支座。如杯口四周填入沥青麻丝（图 2-9 (b)），柱端可发生微小转动，但其约束功能基本上与固定铰支座相符合，则可简化为固定铰支座。

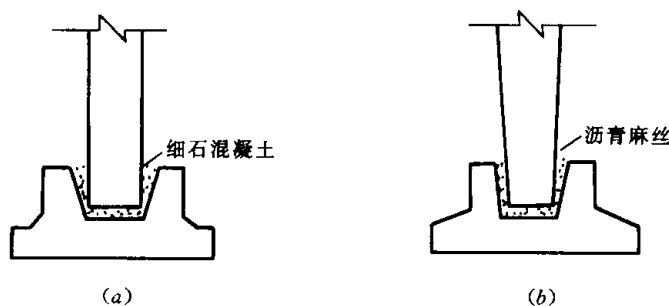


图 2-9

二、结点简化示例

结构中构件的交点称为结点。结构计算简图中的结点有铰结点、刚结点、组合结点等三种。

铰结点上的各杆件用铰链相连接。杆件受荷载作用产生变形时，结点上各杆件端部的夹角发生改变。图 2-10 (a) 中的结点 A 为铰结点。

刚结点上的各杆件刚性连接。杆件受荷载作用产生变形时，结点上各杆件端部的夹角

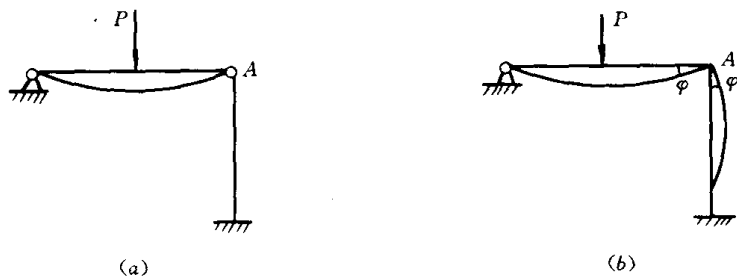


图 2-10

保持不变，即各杆件的刚接端都有一相同的旋转角度 φ 。图 2-10 (b) 中的结点 A 为刚结点。

如果结点上的一些杆件用铰链连接，而另一些杆件刚性连接，这种结点称为组合结点。图 2-11 (a)、(b) 中的结点 A 为组合结点。铰结点上的铰链（图 2-10 (a) 上铰链 A）称为全铰；组合结点上的铰链（图 2-11 上铰链 A）称为半铰。

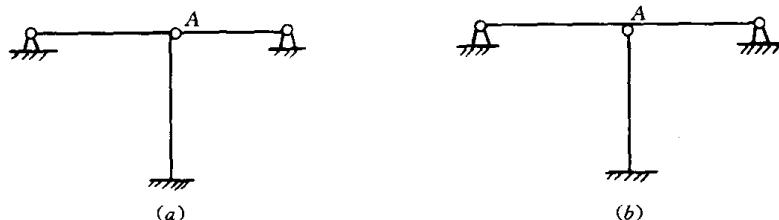


图 2-11

对实际结构中的结点，要根据结点的构造情况及结构的几何组成情况等因素简化为上述三种结点。如图 2-12 (a) 中的屋架端部和柱顶设置有预埋钢板，将钢板焊接在一起，构成结点。由于屋架端部和柱顶之间不能发生相对移动，但可发生微小的相对转动，固可将此结点简化为铰结点（图 (b)）。又如图 2-12 (c) 中钢筋混凝土框架顶层的结点，梁与柱用混凝土整体浇注，因梁端与柱端之间不能发生相对移动，也不能发生相对转动，固可将此结点简化为刚结点（图 2-12 (d)）。

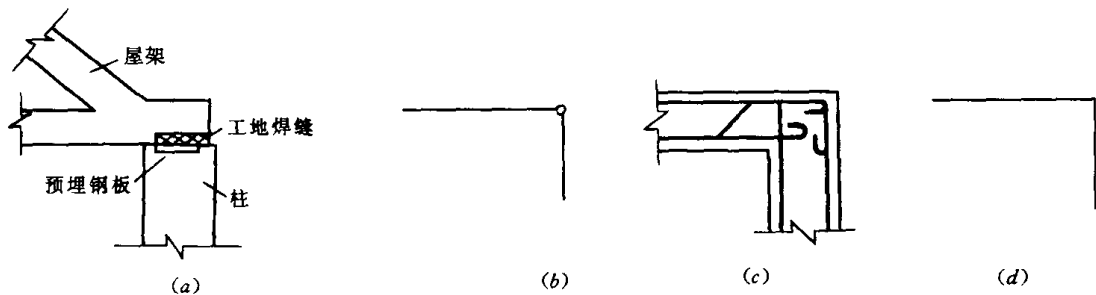


图 2-12

三、计算简图示例

图 2-13 (a) 所示的单层厂房结构是一个空间结构。厂房的横向是由柱子和屋架所组成的若干横向单元。沿厂房的纵向，由屋面板、吊车梁等构件将各横向单元联系起来。由于各横向单元沿厂房纵向有规律地排列，且风、雪等荷载沿纵向均匀分布，因此，可以通过纵向柱距的中线，取出图 (a) 中阴影线部分作为一个计算单元（图 (b)）。将空间结构简化

为平面结构来计算。

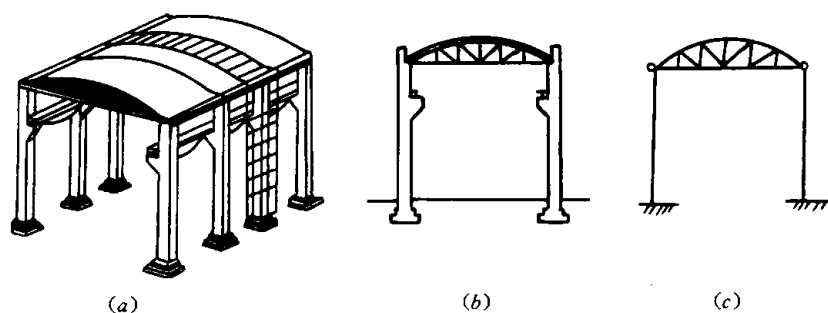


图 2-13

根据屋架和柱顶端结点的连接情况，进行结点简化；根据柱下端基础的构造情况，进行支座简化，便可得到单层厂房的结构计算简图，如图 (c) 所示。

四、平面杆系结构的分类

工程中常见的平面杆系结构有以下几种。

(1) 梁 梁由受弯杆件构成，杆件轴线一般为直线。图 2-14 (a)、(c) 所示为单跨梁，图 (b)、(d) 所示为多跨梁：

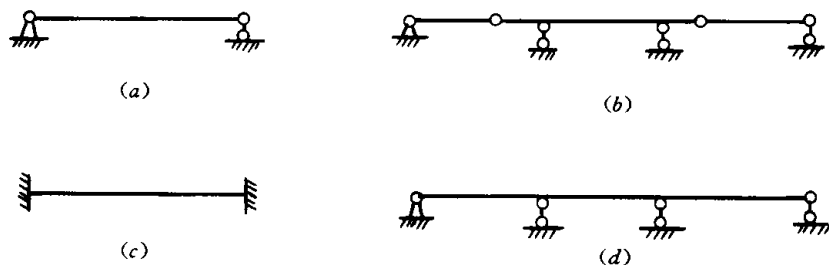


图 2-14

(2) 拱 拱一般由曲杆构成。在竖向荷载作用下，支座产生水平反力。图 2-15 (a)、(b) 所示分别为三铰拱和无铰拱。

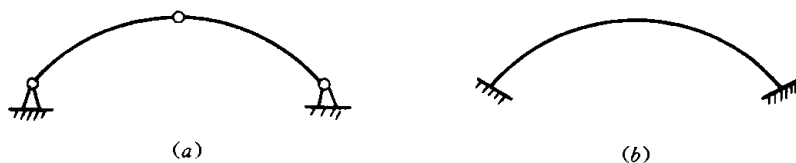


图 2-15

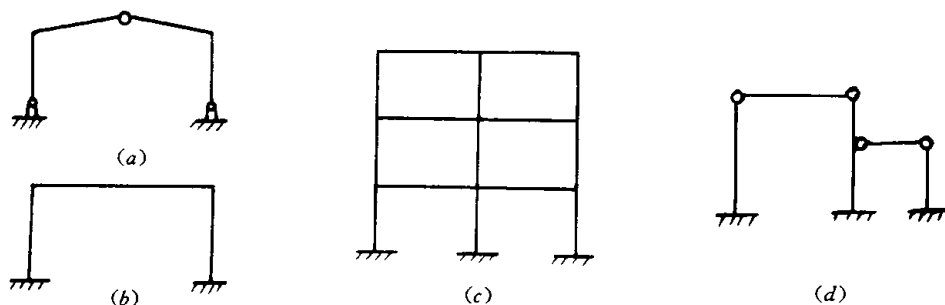
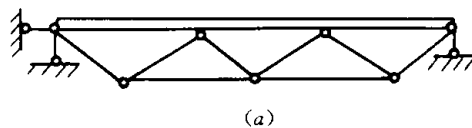


图 2-16

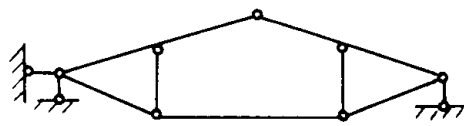
(3) 刚架 刚架是由梁和柱组成的结构。刚架结构具有刚结点。图 2-16 (a)、(b) 所示为单层刚架，图 (c) 为多层刚架。图 (d) 称为排架，也称铰结刚架或铰结排架。

(4) 桁架 桁架是由若干直杆用铰链连接组成的结构。图 2-17 所示结构为桁架。

(5) 组合结构 组合结构是桁架和梁或刚架组合在一起形成的结构，其中含有组合结点。图 2-18 (a)、(b) 都为组合结构。



(a)



(b)

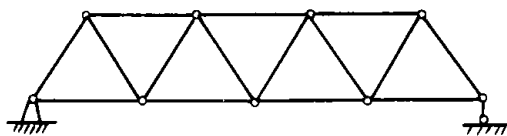


图 2-17

图 2-18

上述几种结构都是实际结构的计算简图，以后将分别进行讨论。

§ 2-3 物体受力分析

在工程中常常将若干构件通过某种连接方式组成机构或结构，用以传递运动或承受荷载。这些机构或结构统称为物体系统。

进行力学计算，首先要对物体系统或其组成构件进行受力分析。

物体受力分析包含两个步骤。一是把所要研究的物体单独分离出来，画出其简图。这一步骤称作取研究对象或说取分离体。二是在分离体图上画出研究对象所受的全部力，这些力包括荷载——主动力以及约束反力。这一步骤称作画受力图。

下面举例说明物体受力分析的方法。

【例 2-1】 起吊架由杆件 AB 和 CD 组成，起吊重物的重量为 Q 。不计杆件自重，作杆件 AB 的受力图。

【解】 取杆件 AB 为分离体，画出其分离体图。

杆件 AB 上没有荷载，只有约束反力。 A 端为固定铰支座。约束反力用两个垂直分力 X_A 和 Y_A 表示，二者的指向是假定的。 D 点用铰链与 CD 杆连接，因为 CD 为二力杆，所以铰 D 反力的作用线沿 C 、 D 两点连线，以 N_D 表示。图中 N_D 的指向也是假定的。 B 点与绳索连接，绳索作用给 B 点的约束反力 T 沿绳索、背离杆件 AB 。图 2-19 (b) 为杆件 AB 的受力图。

应该注意，图 (b) 中的力 T 不是起吊重物的重力 Q 。力 T 是绳索对杆件 AB 的作用力；力 Q 是地球对重物的作用力。这两个力的施力物体和受力物体是完全不同的。在绳索和重

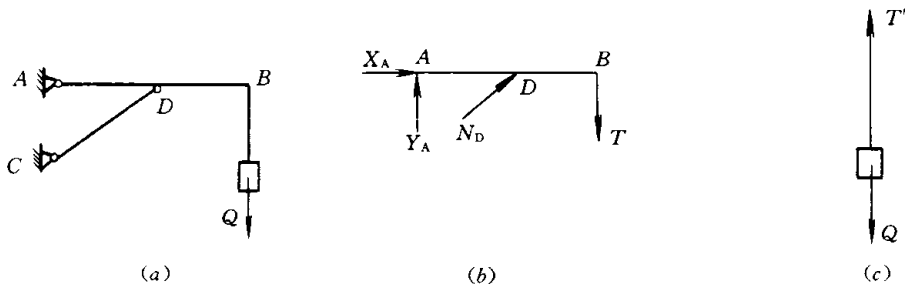


图 2-19